第12卷 第1期　　动 物 学 研 究　　Vol. 12, No. 1
1991年2月　　ZOOLOGICAL RESEARCH　　Feb., 1991

大熊猫体毛微量元素含量与疾病的关系*

张大忠　陈素清　陈剑瑶　王能明　郃明松
（四川大学原子核科学技术研究所）

何光昕　　冯文和
（成都野生动物研究所）　（四川大学生物系）

摘　要

本文报告了用 PIXE (Pro'on Induced X-Ray Emission) 技术研究不同健康状况大熊猫体毛中的微量元素含量，分别比较了各类样本中微量元素含量相对于各自锌含量的比值。不同健康状况的大熊猫体毛中的微量元素含量不同。血色素低与铁有关，食欲差与缺铬有关，癫痫病与钙和铜含量变化有关，癌症与钢和锌的比值变化有关。这些现象的初步揭示，为进一步研究高等动物体内微量元素与疾病的关系积累了资料，为人工饲养大熊猫提供了有益的参考资料。

关键词：大熊猫，疾病，微量元素，体毛

微量元素与人体健康和疾病的关系已有不少报道，并已逐渐形成微量元素医学 (Prosad, 1976, 1979; Underwood, 1977; Mangelson, 1981; Schroeder, 1979; 孔祥瑞，1982)。大熊猫是我国的国宝，又是濒危珍稀动物，研究大熊猫体内微量元素与疾病、健康和繁殖的关系，不仅对饲养、保护大熊猫有意义，而且对保护濒危动物、观赏动物和保持自然界的生态平衡也有着深远意义。

PIXE分析技术具有灵敏度高（相对灵敏度一般可达ppb量级，最小探测极限可达10^{-15}克以下）、快速、无损等特点，可用于多元素同时分析 (Johansson, 1970)，已被广泛应用于生物医学研究 (Mangelson, 1981; Zhang Dazhong, 1989)。本工作用 PIXS 分析了不同地区、不同年龄、不同性别和不同健康状况的大猫熊前肢体毛中的微量元素含量，试图探索高等动物体内微量元素与疾病和健康的关系。

动物材料选择　产地：卧龙自然保护区，成都动物园。年龄：0.6岁至24岁。数量：12只。健康状况：患一般疾病和患癌症。体毛取自前肢部位，每只大熊猫取1克重体毛。

---

* 本工作得到卧龙保护区、平武县林业局、宝兴县大熊猫保护区、成都动物园、成都野生动物研究所的支持和帮助，谨致谢意。

本文1989年4月6日收到，1990年4月9日修回。

实验原理、装置及技术简介

PIXE分析技术和原理Johansson (1970) 已作详细描述。我们的实验装置如图1。主要包括质子静电加速器、真空靶室、Si (Li) 探测谱仪、数据获取和处理系统见张大忠等 (1988) 。实验装置中采用了无油真空系统，差气抽气技术，微孔部份吸收技术，薄膜散射技术，内标测定技术。样品制备技术见王能明等 (1986) 。

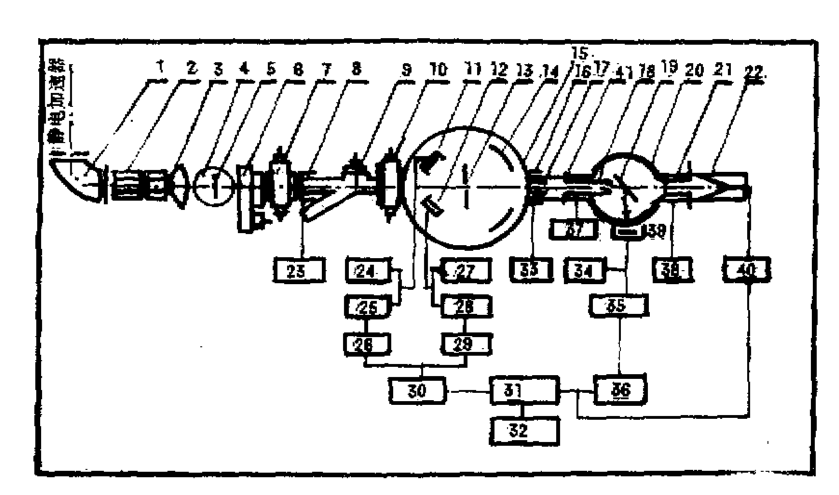


图1 PIXE实验装置示意图

Fig.1. The experimental installation diagram of PIXE

(1) 分析磁铁，(2) 四极透镜，(3) 开关磁铁，(4) 观察室，(5) 观察靶，(6) 插阀，(7) 可调准直器，(8) 导向器，(9) 观察室，(10) 可调准直器，(11) 粒子探测器 (1)，(12) 粒子探测器 (2)，(13) 散射膜，(14) 散射室，(15) 观察靶，(16) 导向器，(17) 碳准直器，(18) 准直器，(19) 靶，(20) 靶室，(21) 抑制电极，(22) 法拉第杯，(23) 稳流电源，(24) 高压电源，(25) 前放，(26) 线性放大器，(27) 高压电源，(28) 前放，(29) 线性放大器，(30) 四路混合器，(31) 计算机，(32) 打印机，(33) 稳流电源，(34) 高压电源，(35) 前放，(36) 线性放大器，(37) 电子俘获器，(38) 高压电源，(39) Si(Li) 探测器，(40) 束流积分仪，(41) 绝缘环。

系统刻度和校验

能量-道址线性刻度、灵敏度因子和本底（包括空白靶、衬底、吸收片、试剂、二次去离子水等对本底的贡献）测定均由计算机程序执行。曲线示于图2和3。

系统稳定性检验：在测量期间，分期测量标准靶，观察仪器性能变化对实验数据的影响，经3—5次测量结果，数据的重复性较好。

精度校验：经多次测定国际国内标准样品（盲样），测定结果值与标称值基本一致，最大误差＜±0.05。

灰化过程中元素含量损失率的测定：通过回收率测定，在本实验条件下，除易挥发物质如Hg、Br和Se外，可以忽略。若采用低温等离子体灰化器灰化，可以避免此问题。

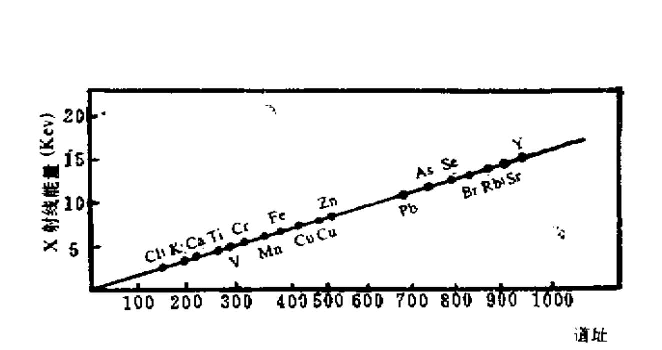


图 2　射线能量与多道分析器道址的线性刻度

Fig.2. Linearity calibration of X-Ray energy and channel number of multichannol analyzer

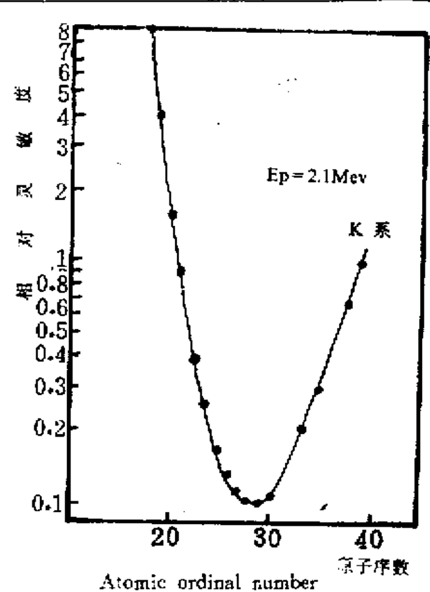


图 3　元素的相对灵敏度

Fig.3. Relative detection sensitivity of elements

结　果　和　讨　论

各类样本测量结果分别列于表1至4。

表1　不同年龄大熊猫体毛微量元素含量

Tab.1. Trace element contents of Giant pandas in hair with difference age

种类	年龄	性别	元素含量(ppm)				
			Cr	Mn	Fe	Cu	Zn
A	0.6	♀	13.44±1.3	11.00±0.1	213.50±10.68	23.95±4.3	313.50±15.68
B	24	♀	12.09±3.21	15.78±1.6	295.76±14.79	23.21±5.3	309.25±15.46

表2　不同健康状况的大熊猫体毛微量元素含量

Tab.2. The trace element contents of Giant pandas in hair with different health

健康状况		元素含量(ppm)				
		Cr	Mn	Fe	Cu	Zn
健	A				14.5	127.1
	B		16.46±0.73	74.99±2.03	12.37±2.6	131.05±57
康	C	25.50	15.34	192.30	21.10	256.86
一般疾病		18.88±1.9	12.46±1.3	52.01±0.52	25.00±0.15	310.51±15.53
癫痫病			19.41±0.73	23.36±2.0	9.9±0.2	180.46±57
癌症		21.19±2.10	10.66±1.1	138.40±13.8	30.56±0.3	155.12±7.6

注：A：文献值（刘德益，1986）。B：文献值（王能明等，1986）。C：本实验值。

表3 各类患疾大熊猫体毛微量元素含量

Tab.3. Trace elemet contents of Giaut pandas in hair with different disease

疾病	元素含量 (ppm)				
类型	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn
食欲差	2.89±0.02	5.16±0.05	62.65±1.0	13.71±0.3	229.04±11.45
血色素低	13.76±1.4	20.61±2.11	41.45±1.2	16.79±0.16	391.97±19.59
癫痫病		19.41±0.7	23.36±2.0	9.9±2.0	180.46±57
癌症	21.19±2.11	10.66±0.1	138.40±6.5	30.65±0.3	155.12±7.6

表4 各类患疾大熊猫体毛微量元素含量相对于Zn的比值

Tab.4. The ratios of trace element contents of Giant pandas in hair to Zn

类型	元素含量与锌含量之比			
	Cr/Zn	Mn/Zn	Fe/Zn	Cu/Zn
正常	0.1	0.06	0.75	0.08
食欲差	0.01	0.02	0.27	0.06
血色素低	0.03	0.05	0.11	0.04
癫痫		0.11	0.13	0.05
癌症	0.13	0.07	0.89	0.20

表1中给出了最小与最大年龄的大熊猫体毛中的微量元素含量。结果表明：性别（雄性）、健康状况（健康）、产地（成都动物园）、生活条件等相同，体毛微量元素含量在误差范围内基本一致。说明体毛微量元素含量与年龄无关。这一结果与人体毛发微量元素含量实验结果（余利民等，1988）基本一致。

表2中列出的结果，A，B，C三组是由不同方法测定的正常值，A，B两组比较一致，C组较A和B偏高。根据大量人发微量元素分析报道，正常人发微量元素含量有一定的范围，即服从统计规律。各种分析仪分析的结果存在一个置信度问题。故上述三组数据表明高等动物与人类有些相似。若需建立标准值，则应采用多种测试手段，分析测试大量的样本，并用严格的数学方法检验。由于条件限制，目前仅属数据积累过程。作为对比研究，不影响医学结果。表2中同时列出了不同类型疾病患体体毛微量元素含量，可以看出正常的与患体的体毛微量元素含量之间存在差异，后者出现过剩或不足。

表3给出了不同类型疾病患体的体毛元素含量，可以看出不同类型疾病，体毛元素含量变化不同。如食欲差的患体，毛铬不足。血色素低的患体，毛铁不足。癫痫病患体，毛铜不足，毛钙过剩。癌患体，毛锌不足，毛铜过剩。

七十至八十年代以后，由于多元素同时分析技术如中子活化分析、质子诱发X射线分析、同位素激发X射线荧光分析、等离子体直读光谱分析技术在生物医学领域内广泛应用，发现生物、动物及人体内必需微量元素含量间存在着一定的比例关系，这些相互关

系若被破坏会导致生理功能的失调，进而导致病变。由表4中所列数据，清楚地说明了这一问题。

铬对血红蛋白的合成及其造血过程具有良好的促进作用。血红蛋白在人体及动物体内担负着氧的输送作用。血红细胞中的Fe^{+3}输送到全身后脱去氧又重还原为Fe^{+2}。如此循环往复，维持生物体的氧化—还原过程。铜是铁的氧化还原反应最有效的催化剂，铁的输运、吸收和代谢均与铜有密切关系。锰能改善机体对铜的利用。表4中列出的食欲差、血色素低的患体，体毛Cr，Mn，Fe较正常值偏低这一实验结果与理论分析是一致的。癌症与铜锌比例倒置有关，已有不少报道，我们的结果又一次验证了这一规律。癫痫病患体毛钙过剩、毛铜不足，这一现象还未见有理论分析，有待进一步实验观察和理论探讨。

参 考 文 献

孔祥瑞　1982　必需微量元素的营养生理及临床意义。安徽人民出版社。
王能明等　1986　大熊猫体内微量元素的PIXE分析。兽类学报　6(2):81。
刘德益等　1989　大熊猫体毛分析。兽类学报　9(1):1—7。
刘秀民、张大忠等　1985　PIXE法分析肝癌病人和正常人血清中的微量元素。中华肿瘤杂志　7(6):411。
余利民、张大忠等　1989　急性脑血管病患者发铬的初步观察。华西医大学报　18(2):160—162。
张大忠　1988　PIXE应用于研究脑血管病人组织中的微量元素。四川大学学报（自然科学版）　25(4):468—478。
Johansson, T.U.　1970　Nuclear. Instruments and methods　84:141—148.
Mangelson, N.F.　1981　Nuclear. Instruments and methods　181:243.
Prosad, A.S.　1976　Trace elements in human health and disease. Academic Press. New York.
Prasrd, A.S.　1979　Annual Review of Rharma Cology and Toxicology　19:393—426.
Underwood, E.J.　1977　Trace elements in human and animal nutrition. Acedemic Press. New York.

RELATIONS BETWEEN DISEASE AND TRACE ELEMENTS IN GIANT PANDA HAIR

Zhang Dazhong Chen Suqing Chen Jianxuan
Wang Nengming Tai Mingsong
(Institute of Nuclear Science and Technology, Sichuan University)

He Guangxin
(Institute of Chengdu Wild Animal)

Feng Wenhe
(Department of Biology, Sichuan University)

In this paper the levels of trace elements in giant panda's hair with different health state and normal conditions was studied by PIXE and the rates of trace element contents in various samples to Zn have been tested separately. Changes of element contents differ from each other on each type of samples. There are correlation in poor appetite, haemochrome lessing, epilesy and cancer with defect of Cr, Fe, change of ratio in Ca, and of Cu to Zn separately. Authors believe that it is useful to accumulate information for further study in relation between diseases and trace elements in higher animal kingdom to supply the raising of giant panda as reference material.

Key words: Giant panda, Disease, Trace element, Foreleg hair